HEMT LNAs for 23cm

Rainer Bertelsmeier, DJ9BV

Abstract: The two versions described, one with an integrated highpass filter for tropo work and one without input filter dedicated for EME work, use low cost FHX35 HEMT-FETs. Both have unconditional stability (K> 1.4), are broadband and have a very low noise figure (0.45 or 0.35dB typical), high gain (16dB typical), good output return loss (>20dB) and moderate input return loss (> 3dB). An active bias circuit is integrated into the RF-board. The preamps are lightweight, constructed in microstrip technique without any special machined parts and have a small size (35x74x30mm).

Kurzfassung: Mit preiswerten FHX35 HEMT's wurden zwei Vorverstärker für 23cm entwickelt: eine Version hat ein integriertes Hochpaß-Filter für terrestrischen Einsatz (Tropo), die zweite Version hat kein Eingangsfilter und eignet sich nur für EME. Beide sind unbedingt stabil (K>1,4), sind breitbandig und haben eine typische Rauschzahl von 0,45 bzw. 0,35dB, haben hohe Verstärkung (16dB) und eine gute Ausgangsanpassung (>20dB RL). Die aktive Stromversorgung ist in die HF-Platine integriert. Die Verstärker sind leicht, in Microstrip-Technik ohne spezielle Mechanik konstruiert und sind relativ klein (35x74x30mm).

1. Introduction

Both versions of the preamp use the Fujitsu HEMT FHX35LG in a grounded source circuit. They have been developed from the successful LNA which has been described in [1]. That preamp uses a ATF10136 GaAs FET and has a noise figure of

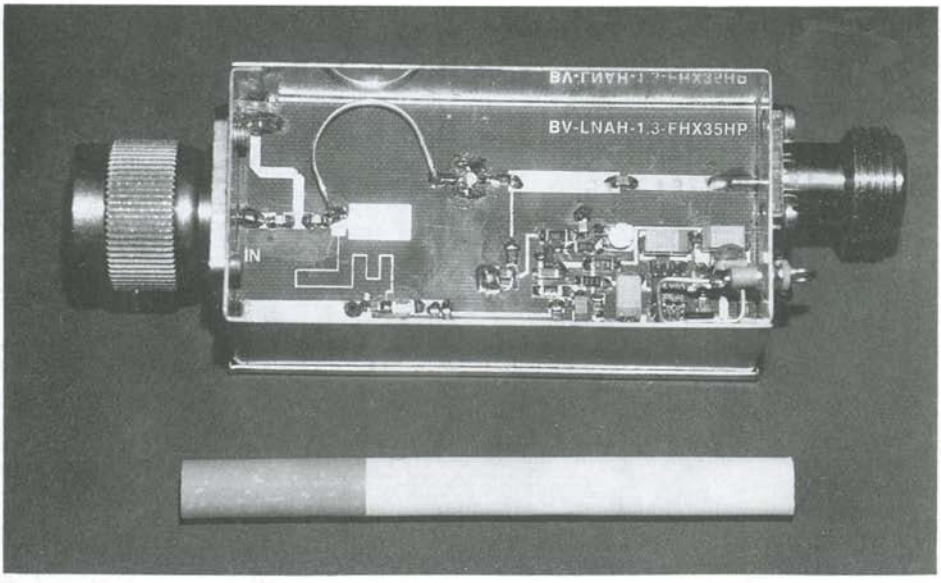
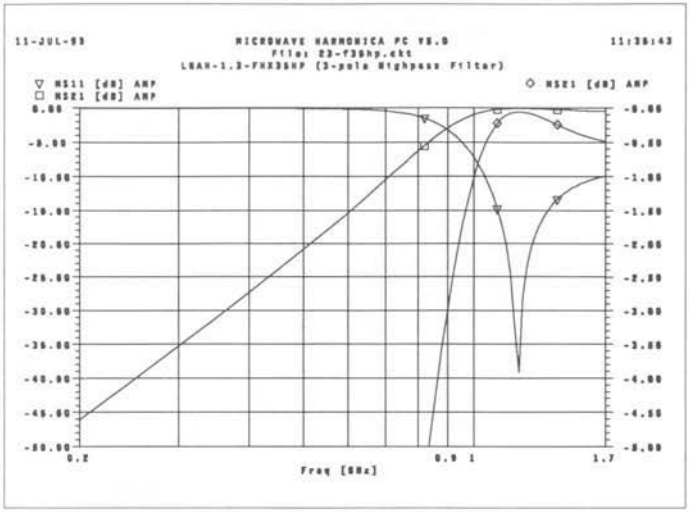


Figure 1: LNAH-1.3-FHX35HP

ATF10136 GaAs FET and has a noise figure of typically 0.55dB with a spread from 0.45 to 0.65dB at 14dB gain. The new preamp has a substantially lower noise figure and a higher gain of 16dB. Stability is excellent because of the grounded source. The well proven highpass filter (Fig. 2) protects the preamp from overload by TV or 70cm amateur stations. It has less than 0.1dB attenuation on 1.3 GHz and more than 25dB attenuation on 432MHz. The EME version relies on a waveguide feedhorn for a similar highpass characteristic. Preamps which don't provide input selectivity are prone to overload by out-of-band signals.

Figure 2: Selectivity of Highpass-Filter



The FETs grounded source requires a bias circuit to provide the negative voltage for the gate. A special active bias circuit (Fig. 3) is integrated into the RF board which provides regulation of voltage and current for the FET. PNP transistor T1 operates in a feedback loop with the FET and forces a constant current through the FET. T1 maintains a constant voltage across R14/P1 by regulating the negative gate voltage on the FET. The drain voltage is set by R12 und R13 (Fig. 3). P1 serves for current adjustment (7... 25mA). IC1 is a 5V standard regulator. IC2 generates the negative voltage. C13 provides a time delay of 10ms and suppresses the 1kHz ripple frequency from IC2.

1. Einführung

Beide Versionen des Vorverstärkers arbeiten mit galvanisch geerdeter Source. Das hat sich als beste Lösung erwiesen. Sie sind mit dem HEMT Fujitsu FHX35LG bestückt. Die Schaltung wurde aus dem LNA, der in [1] beschrieben wurde und mit dem ATF10136 bestückt ist, weiterentwickelt. Dieser hatte eine Rauschzahl von 0,55dB typisch mit einer Streubreite von ca. 0,45 bis 0,65dB. Der neue Vorverstärker hat nicht nur eine deutlich niedrigere Rauschzahl, sondern auch mehr Verstärkung. Die Stabilität ist wegen der geerdeten Source ausgezeichnet. Das bewährte Hochpaß-Filter wurde übernommen (Bild 2). Es hat weniger als 0,1dB Dämpfung auf 1,3GHz und mehr als 25dB Dämpfung

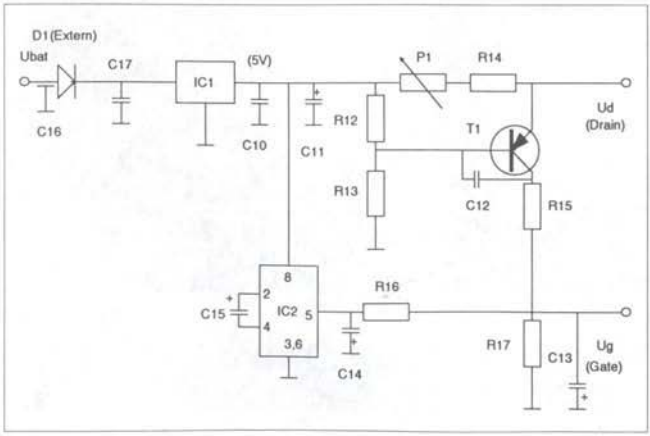
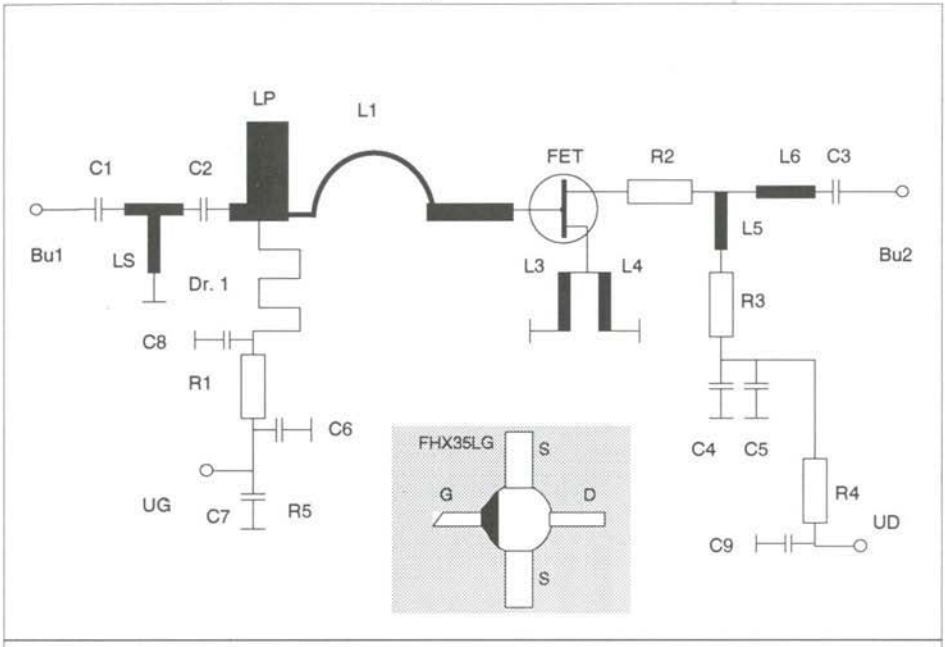


Figure 3: On Board Bias Circuit

Figure 4: Circuit Diagram for LNAH-1.3-FHX35HP



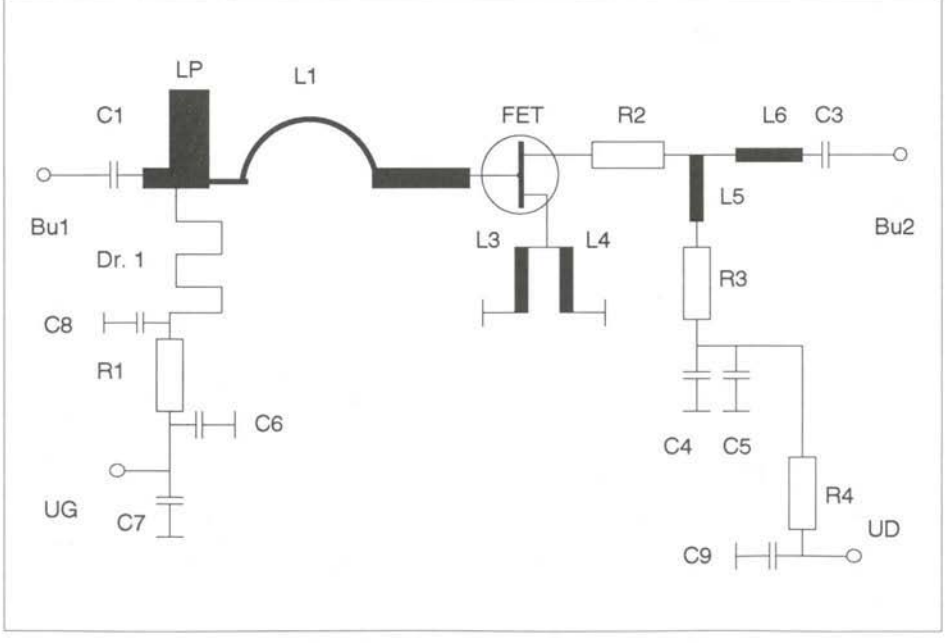


Figure 5: Circuit Diagram for LNAH-1.3-FHX35E

ken Signalen im TV-Band oder dem 70cm Amateurband geschützt. Leider haben die meisten publizierten Verstärker, die in der Serien-L Schaltung konfiguriert sind, keinerlei Eingangs-Selektivität, so daß sie sehr empfindlich gegen Signale unterhalb des 23cm Bandes sind.

Die geerdete Source erfordert eine negative Spannung auf dem Gate. Eine spezielle Vorspannungsschaltung (Bild 3) regelt Strom und Spannung im FET unabhängig von den Exemplarstreuungen und der Temperatur. Dazu dient der PNP-Transistor T1, der mit dem FET in einer Gegenkopplungsschaltung arbeitet. Er erzwingt einen konstanten Strom durch den FET, indem er den Spannungsabfall an R14/P1 durch Regeln der negativen Gatespannung konstant hält. R12 und R13 setzen die Drain-Versorgungsspannung. IC2 erzeugt die negative Spannung. C12 und C13 sorgen für eine Regelzeitkonstante von 10msec und unterdrücken die 1kHz Schaltfrequenc von IC2. Der Drain-Strom läßt sich mittels P1 von 7...25mA einstellen.

2. Circuit description

LNAH-1.3-FHX35HP

Fig. 4 shows the circuit of the LNAH-1.3-FHX35HP. This is the version with a highpass filter. The 3-pole highpass filter consists of C1, C2 and a printed inductive stub LS. The corner frequency is about 1GHz. Gain rolls off with 18dB per octave below 1GHz. Stub LP and inductance L1 provide optimum noise impedance matching. L1 functions as a dielectric transmissionline above a PTFE board and has somewhat lower loss than a coil. L3 and L4 provide inductive feedback to increase the stability factor and input return loss. R2, L5, R3 increase stability factor. L6/C3 match the output of the FET to 50Ω. Dr.1 is a printed $\lambda/4$-choke to decouple the gate bias supply.

LNAH-1.3-FHX35E

Fig. 5 shows the circuit of the version LNAH-1.3-FHX35E. The only difference to the HP-version is the missing highpass filter. This version is intended for use in EME only and relies on a waveguide feedhorn for a similar highpass characteristic as the version HP.

2. Schaltung

LNAH-1.3-FHX35HP

Bild 4 zeigt die Schaltung der Variante LNAH-1.3-FHX35HP. Diese Variante ist mit einem Hochpaß-Filter am Eingang bestückt und sorgt für eine hohe Unterdrückung des FS-Frequenzbereichs und von 432MHz. C1, LS und C2 bilden das 3-polige Hochpassfilter mit einer Eckfrequenz von 1GHz. Dadurch wird der Bereich unterhalb von 1GHz mit 18dB pro Oktave abgesenkt. Parallelstub LP und die Induktivität L1 bilden die Eingangsanpassung

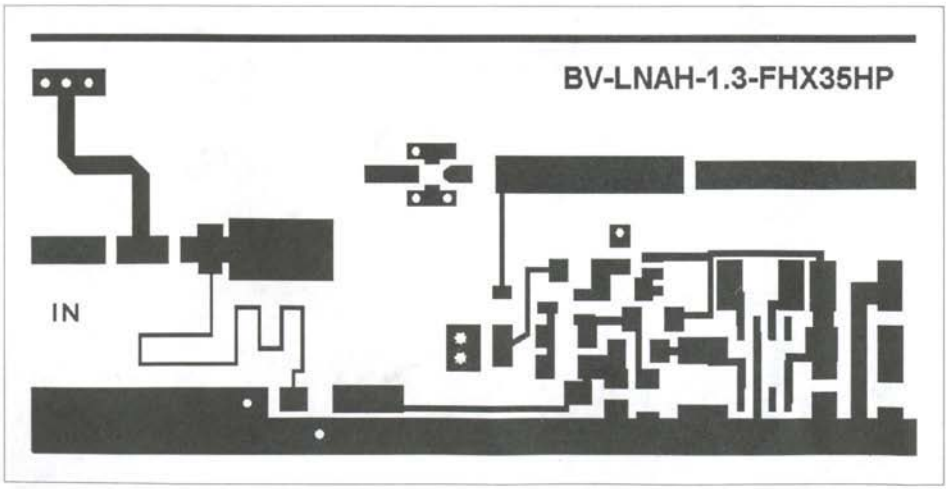


Figure 6: PTFE-PCB of LNAH-1.3-FHX35HP

für minimale Rauschzahl. L1 wirkt wie eine Draht-Leitung über einem Dielektrikum (Teflon-Platine) und hat weniger Verluste als eine Spule. L3 und L4 erzeugen eine Gegenkopplung in der Source, um den K-Faktor und die Eingangsrückflußdämpfung zu vergrößern. R2/L5/R3 sorgen für absolute Stabilität. L6 und C3 passen den Ausgang des Transistors auf 50Ω an. Dr.1 ist eine gedruckte ¼-Drossel und dient zur Zuführung der negativen Gate-Spannung.

LNAH-1.3-FHX35E

Bild 5 zeigt die Schaltung des LNAH-1.3-FHX35E, die nur für EME-Betrieb geeignet ist. Der einzige Unterschied zur vorigen Version besteht im Fehlen des Hochpaß-Filters. Die EME-Version sollte nur an einem Horn betrieben werden, welches selbst wegen der Hohlleiter-Grenzfrequenz eine Hochpaß-Charakteristik besitzt.

3. Construction

Warning: If you want to use this amplifier on terrestrical links I recommend to build the HP version with the highpass filter. This filter is **essential** for troublefree operation. A possible 0.1db improvement in noise figure when building the E version cannot be utilized on terrestrical links because of the high antenna noise temperature. Second the coaxial T/R-relay must have an excellent isolation (>50dB at 100W power). HEMTs are more sensitive to RF-power than normal GaAs FETs. **Never switch off** the supply voltage of the preamp when switching from receive to transmit. In a **biased** condition maximum input RF-power to the HEMT should be limited to 10mW. In a no-bias condition not more than 1mW should be applied.

Construction follows micro-stripline techniques on a PTFE board (Fig. 6/7) of 35x72mm size made to fit into a standard tinplate box . The parts list can be seen in Table 1. Look for the parts layout in Figs. 8 and 9.

Step by Step Procedure:

1. Prepare tinned box (solder side walls).
2. Prepare PCB to fit into box.
3. Prepare holes for N-connectors into box. Attention: Input and output connector are asymmetrical. Use PCB to do the markings.
4. Drill holes for through contacts (0.9 mm dia.) into the PCB and connect through with 0.8 mm CuAg at indicated positions.
5. Solder all resistors onto PCB.
6. Solder all caps onto PCB.
7. Cut a 36mm length of CuAg, 0.8mm diameter wire. Bend down ends at 1mm length to 45°. Form wire into a half circle loop according to Figs. 8,9 and 10. Solder into the circuit with

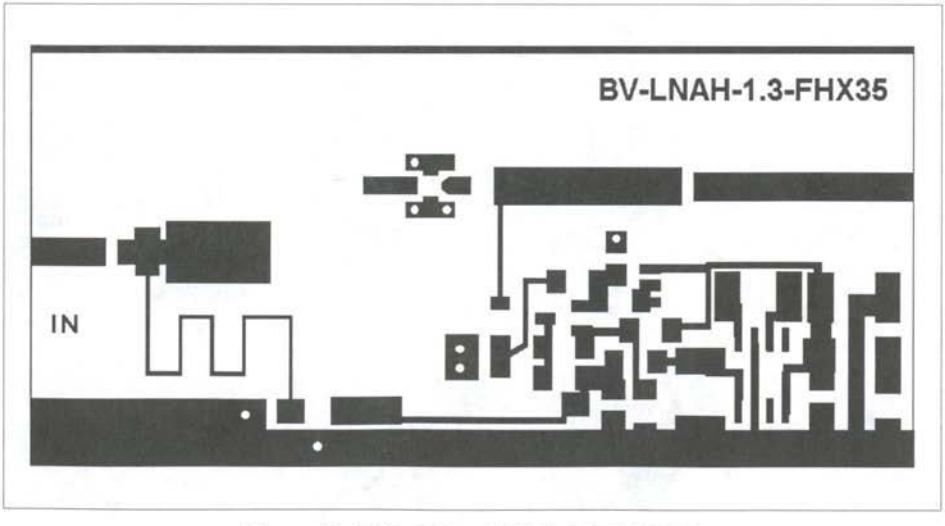
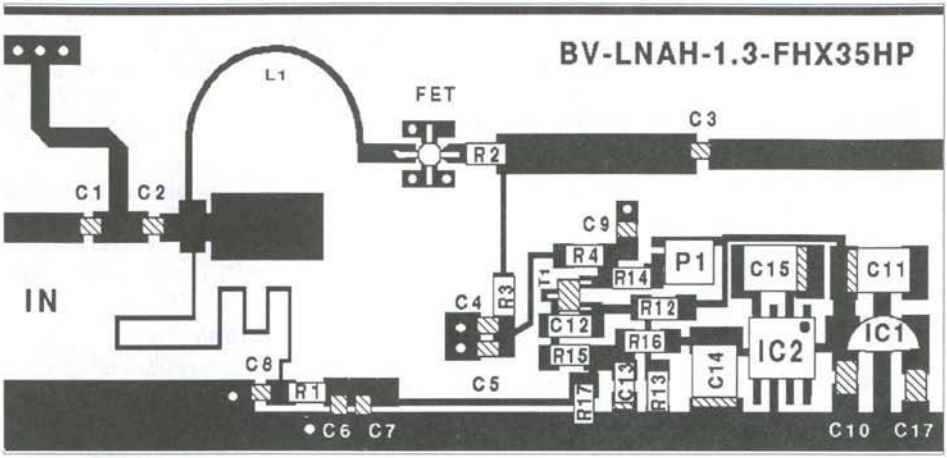


Figure 7: PTFE-PCB of LNAH-1.3-FHX35E

Figure 8: LNAH-1.3-FHX35 - Parts Layout



1.5mm clearance from the PCB. The wire loop has to flush with the end of the gate stripline and should be soldered in a right angle to it. The wire loop has to be oriented flat and is **parallel** to the PCB.

8. Verify open loop function of bias-circuit. Adjust P1 to 20Ω resistance. Solder 100Ω test resistor from drain terminal on PCB to ground. Apply +12V to IC1 and measure +5V at output of IC1, -5V at IC2/Pin5, –2.5V at collector of T1, +3.9V at emitter of T1, +3.4V at base of T1, –2.5V at R17 and +2.0V across the 100Ω. If O.K. remove 100Ω test resistor.
9. Solder HEMT FHX35 onto PCB. Use only an insulated soldering tool (Weller), ground the PCB, your body and the power supply of the soldering tool. Never touch the HEMT at the gate - only at the sources or the drain - when applying it to the PCB and solder fast (<5sec).
10. Solder N-Connectors into side walls of the box.
11. Solder finished PCB into box - solder from both sides at the side walls and solder center pins of the connectors to the microstriplines.
12. Solder feedthroug cap into box.

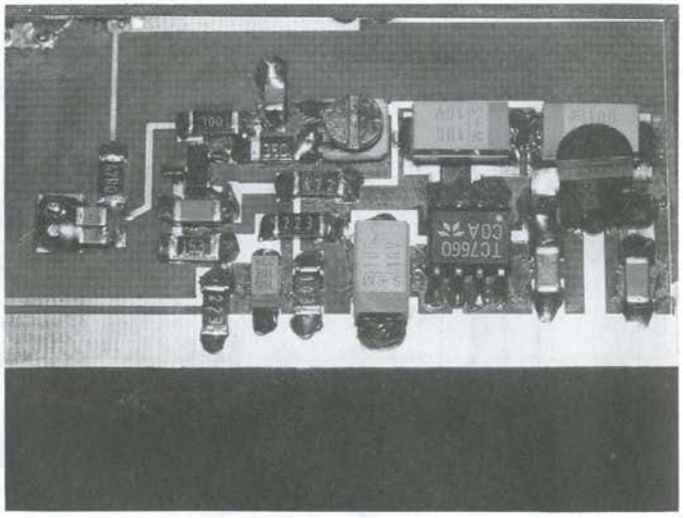
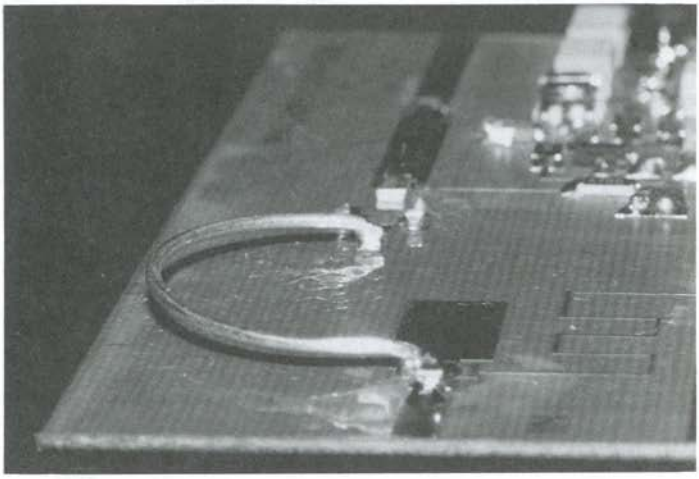


Figure 9: LNAH-1.3-FHX35HP (Close View)

Figure 10: Close View onto Input Wire Loop



13. Connect D1 between feedthroug cap and PCB.
14. Connect 12V B+ and adjust P1 for 20 mA drain current (measure 200mV across R4 on RF-Board). Voltages should be around +2.0V at the drain terminal, -0.2V at the gate, +4V at emitter of T1.
15. Connect LNA to PANFI - if you have one - and adjust input wire loop - change clearance to PCB - as well as drain current by adjusting P1 for minimum noise figure. Even without tuning the noise figure should be within 0.1dB of minimum because of the limited tuning range of the wire loop.
16. Glue conducting foam into inside of top cover and ans slip to the top of the box.
17. Your small wonder is finished now.

3. Konstruktion

Warnung: Wenn der Vorverstärker für terrestrischen Einsatz benutzt wird, sollte man nur die HP-Version mit eingebautem Hochpass-Filter bauen. Andernfalls wird der RX von Signalen unterhalb von 1GHz zugestopft. Eine maximal mögliche Verbesserung von 0,1dB in der Rauschzahl ist nicht nutzbar, da die Antenne bei terrestrischen Einsatz eine wesentlich höhere Rauschtemperatur als der Vorverstärker hat. Zweitens muß das koaxiale Relais, das zur Umschaltung benutzt wird, eine hohe Übersprechdämpfung haben (>50dB bei 100W HF). HEMT's sind wesentlich empfindlicher gegen HF-Leistung am Gate als normale GaAs FET's (Faktor von 10!). Die maximale Eingangsleistung im eingeschalteten Zustand - der HEMT zieht Strom - darf höchstens 10mW betragen (100mW für einen MGF1302!). Beim Umschalten von Empfang auf Senden darf die Betriebsspannung eines GaAs-FET Vorverstärkers unter **keinen Umständen abgeschaltet** werden. Andernfalls ist die Belastbarkeit im Eingang nochmal 10-mal kleiner, weil die Gate-Elektrode wegen der fehlenden Sperrspannung eher durchbricht. Das Abschalten der Betriebsspannung von GaAs-FET Verstärkern beim Wechsel von Empfang auf Senden ist ein leider sehr häufig begangener Fehler und die Ursache für viele zerstörte GaAs-FET's.

Die Konstruktion besteht aus einer TEFLON-Platinen (Bild 6/7), die mit SMD-Teilen bestückt ist. Nur D1, IC1 und C16 sind keine SMD-Teile. Die Größe ist 32x74mm. Die notwendigen Teile sind im Tabelle 1 aufgeführt. Die Plazierung der Teile ist in den Bildern 8 und 9 zu sehen.

Aufbau-Prozedur:

1. Gehäuse zusammenlöten.
2. Platine zufeilen, damit sie ins Gehäuse paßt.
3. Löcher für die N-Buchsen in die Seitenwände schneiden. Achtung: Die N-Buchsen sitzen unsymmetrisch. Platine zum Anreißen als Maß nehmen.
4. Löcher für die Durchkontaktierungen in die Platine bohren (0,9mm Ø) und mit 0,8mm CuAg durchkontaktieren.
5. Alle Widerstände auf die Platine löten.
6. Alle Kondensatoren auf die Platine löten.
7. Einen CuAg Draht, 0,8mm Durchmesser, auf 36mm Länge abschneiden. Enden auf 1mm Länge auf 45° abbiegen und das Ganze zu

einer halbkreisförmigen Drahtschleife (siehe Bilder 8, 9, 10) biegen. In die Platine so einlöten, daß die Drahtschleife parallel zur Platine liegt und 1.5mm Luft zwischen Drahtschleife und Platine bleibt. Die Drahtschleife muß mit dem Ende der Gate-Stripline fluchten und mit 90° Winkel davon abgehen.

8. **Funktion der Vorspannungsschaltung verifizieren:** P1 auf 20Ω einregeln und einen 100Ω Testwiderstand auf der Platine vom Drainanschluß auf der Platine nach Masse löten. 12V anlegen (IC1). Am Ausgang von IC1 müssen 5V anliegen, am Gate-Anschluß (R17) müssen -2,5V anliegen. Am Kollektor von T1 -2,5V, am Emitter 3,9V, an der Basis von T1 +3,4V. Am Testwiderstand 2,0V. An IC2/Pin5 ca. -5V. Falls alles O.K. ist (+-200*mV*), wird der Testwiderstand wieder entfernt.
9. HEMT FHX35 auf die Platine löten: Weller-Lötkolben verwenden, Netzgerät-Erdbuchse mit der Massefläche und dem eigenen Körper verbinden. FET **nicht** mit der Pinzette am Gate anfassen, sondern an der Source oder dem Drain. Schnell löten (<5sec).
10. N-Buchsen ins Gehäuse einlöten.
11. Platine auf die Innenleiter der N-Buchsen legen, justieren und ringsrum mit dem Gehäuse verlöten (Von beiden Seiten). Zuletzt die Innenleiter der N-Buchsen auf die Striplines löten.
12. Durchführungs-C einlöten.
13. D1 an das Durchführungs-C anlöten.
14. Spannung anlegen, und mit P1 den Strom auf 20mA einstellen (An R4 fallen dann 200mV ab). Spannungen sollen am Drain-Anschluß ca. 2V, am Gate ca. -0,2V und am Emitter von T1 ca. 4V betragen.
15. LNA am Rauschzahlmeßgerät anschließen, die Drahtschleife durch Änderung des Abstandes (nominell 1.5mm) von der Platine sowie den Strom mittels P1 auf minimale Rauschzahl abgleichen. Selbst ohne Abgleich ist die Rauschzahl höchstens 0,1dB schlechter als das mögliche Minimum, da der Abstimmbereich der Drahtschleife im Gegensatz zu einer Spule sehr begrenzt ist.

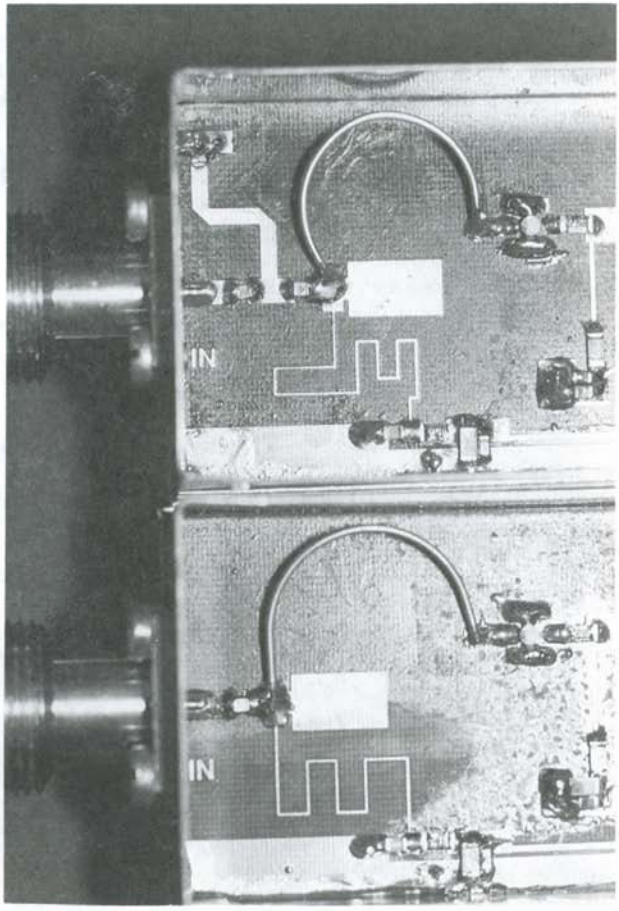
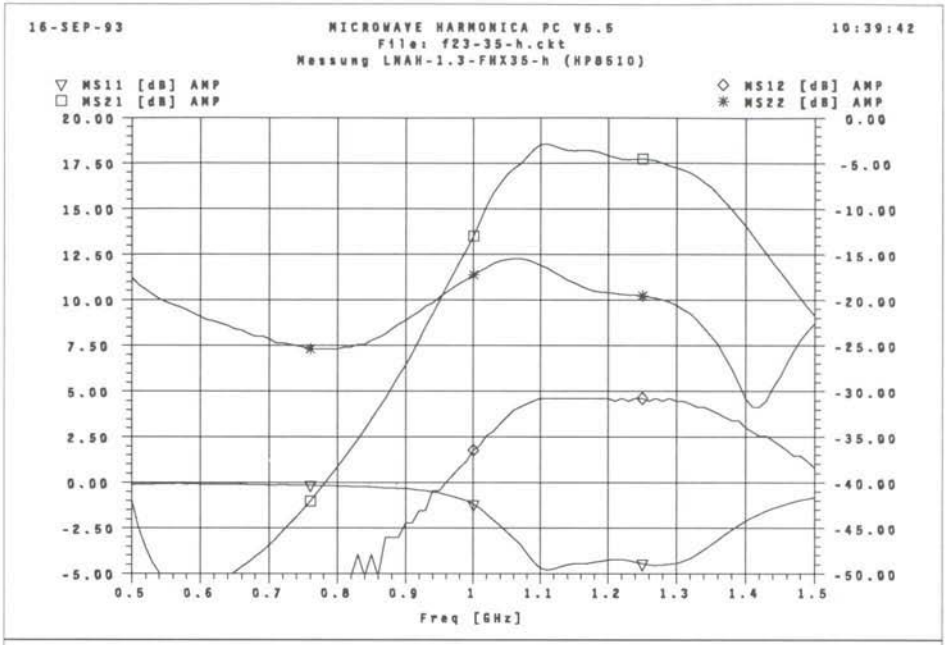


Figure 11: LNAH-1.3-FHX35HP & E (Top Views)

Figure 12: Measured S-Parameters of LNAH-1.3-FHX35HP



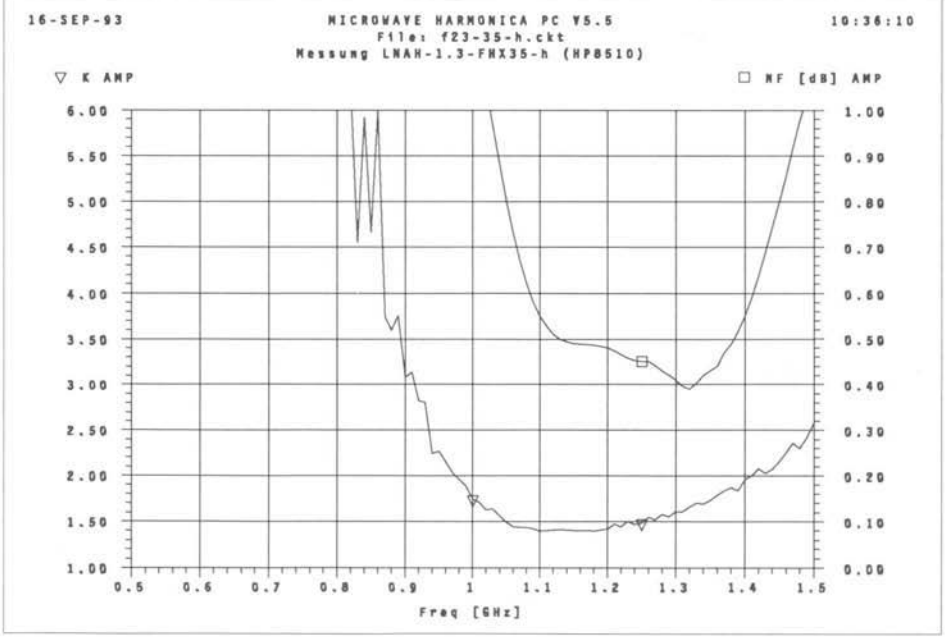


Figure 13: Measured NF & K-Factor of LNAH-1.3-FHX35HP

Figure 14: Measured S-Parameters of LNAH-1.3-FHX35E

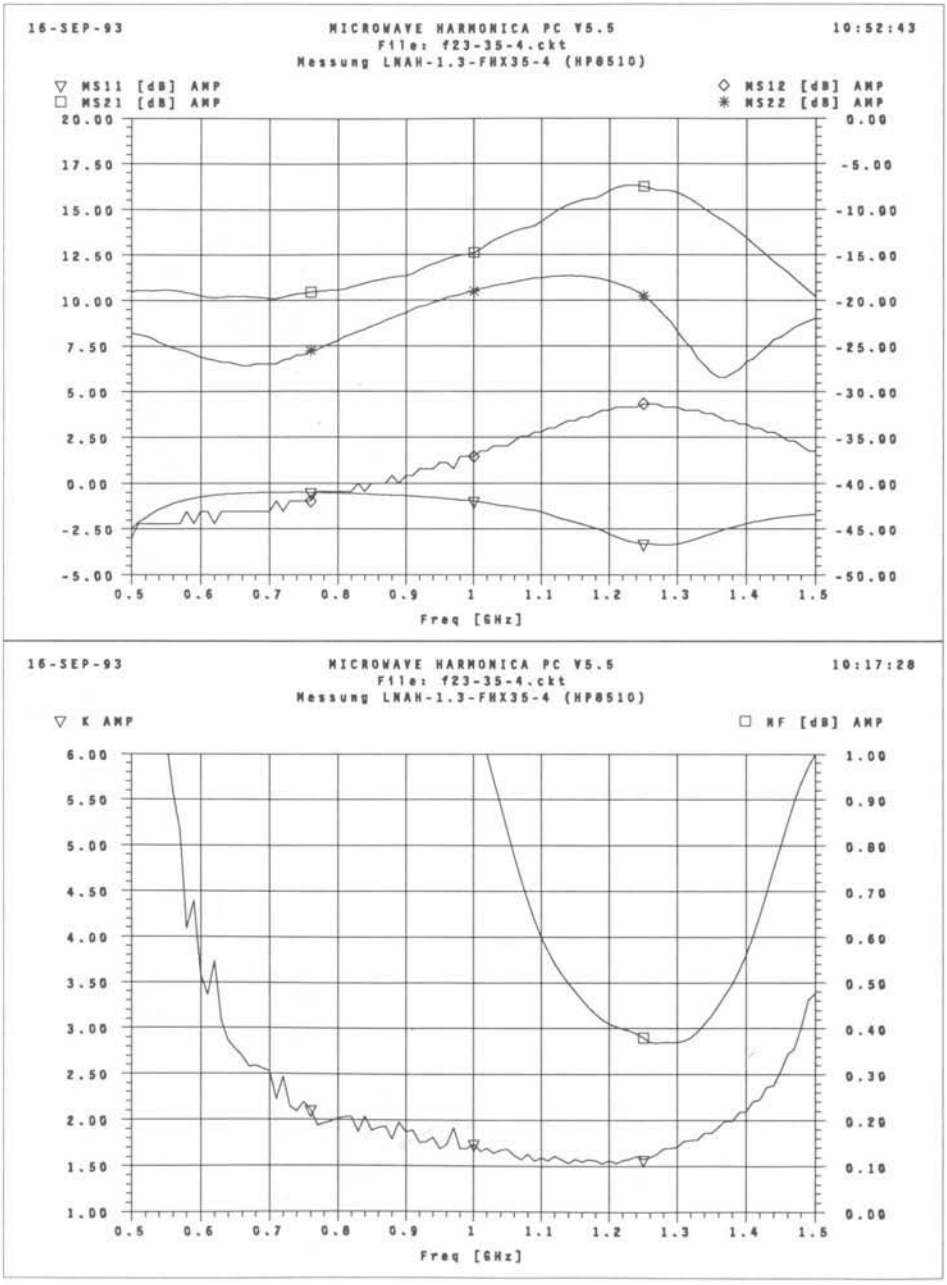
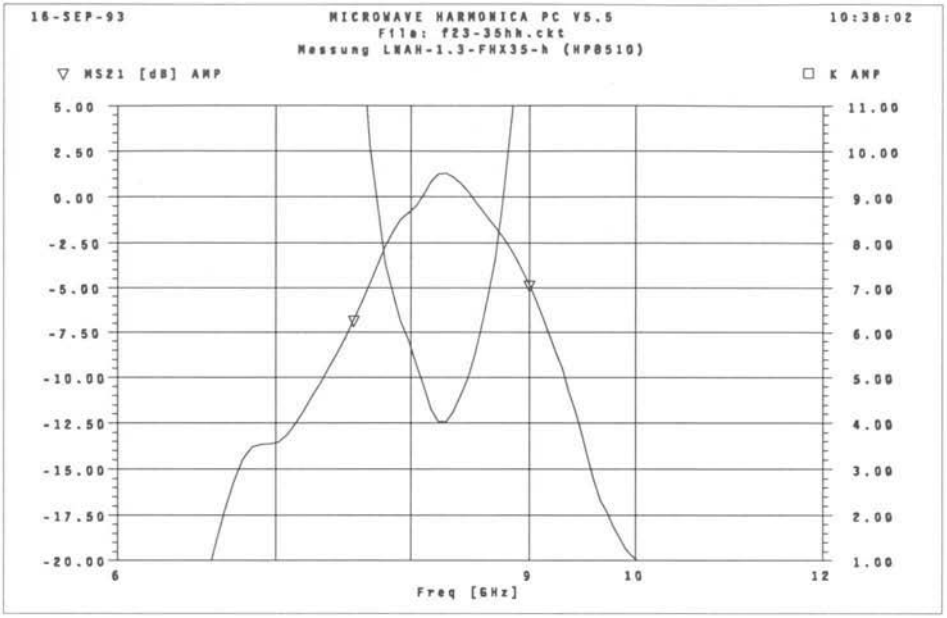


Figure 15: Measured NF & K-Factor of LNAH-1.3-FHX35E

Figure 16: Measured K-Factor of LNAH-1.3-FHX35HP @ 8GHz



16. Innenseite des oberen Deckels mit leitendem Schaumstoff bekleben.
17. Deckel zu und fertig ist die Laube.

4. Measurement Results

Measurements were taken by a HP8510 network analyzer and HP8970B/HP346A noise figure analyzer, transferred to a PC, imported to MICROWAVE HARMONICA PC and plotted subsequently.

Version LNAH-1.3-FHX35HP

Figures 12 to 13 show some typical results measured on the LNAH-1.3-FHX35HP version. Figure 12 shows the magnitude of the S-parameters versus frequency. Gain is 17dB at 1.3GHz and rolls off with 24dB per octave below 1.1GHz. Response is already 16dB down at 800MHz. Input return loss is 4dB and output return loss is 20dB. Figure 13 shows the stability factor which is greater than 1.4 from 0.5 to 1.5GHz. Fig. 16 shows the stability factor from 6 to 12GHz. At about 8GHz it shows a dip with a magnitude of not less than 4. Therefore the critical issue of broadband stability which is caused by the inductive source feedback has been solved by this design. The noise figure is less than 0.5dB (<35K) on 1.3GHz with a broad minimum less than 0.5dB from 1150 to 1380MHz.

Version LNAH-1.3-FHX35E

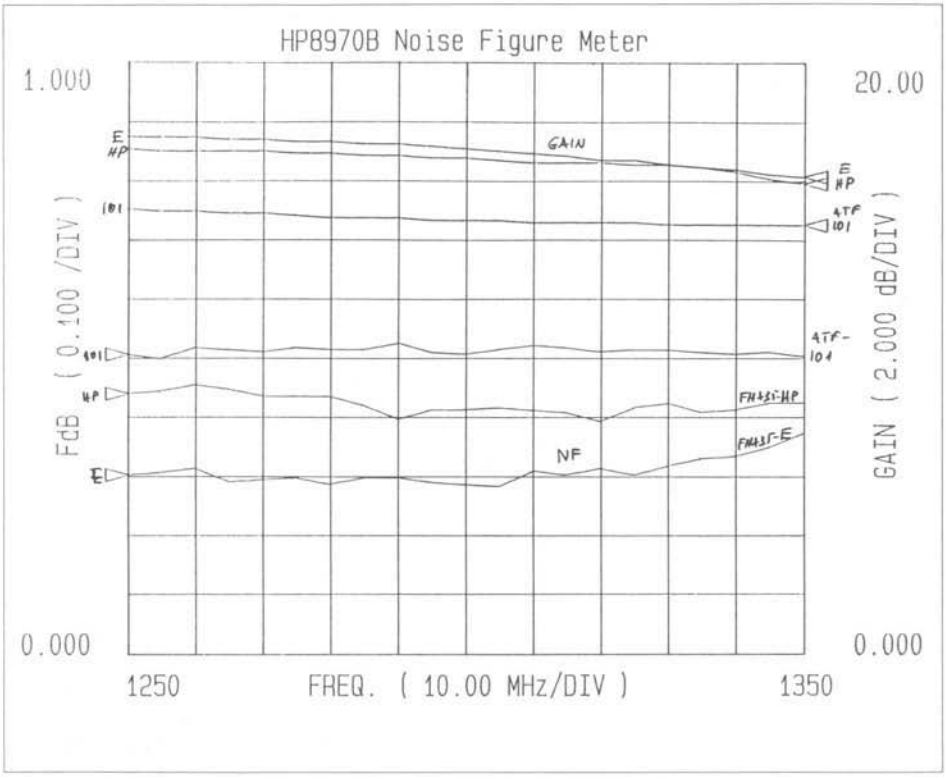
Figures 14 to 15 show some typical results measured on the LNAH-1.3-FHX35E version. Figure 14 shows the magnitude of the S-parameters versus frequency. Gain is 16.0dB at 1.3GHz and about 10dB on 0.5GHz. At 1.3GHz input return loss is 3dB and output return loss is 23dB. Figure 15 shows the stability factor which is greater than 1.6 from 0.5 to 1.5GHz. The noise figure is less than 0.4dB (<28K) on 1.3GHz and exhibits a broad minimum from 1220 to 1340MHz.

Selection of Best Transistor

HEMT	NF Simulated [dB]	NF Measured [dB]
FHX35LG	0.52	0.30...0.37 (6)
ATF35076	0.23	0.40...0.43 (3)
CFY66	0.46	0.43 (1)
FHX06LG	0.44	0.41 (1)
NE32484	0.43	0.42 (1)

Several different HEMTs were tried in a prototype board to find the most suitable transistor. The table

Figure 17: Comparison of Measured Noise Figures



above shows the test results achieved. Even if the results are in the same range some choices are more favourable.

Simulated noise figures were calculated by MICROWAVE HARMONICA PC-V5.5 based on the figures given in the datasheets. The cheapest and most surprising choice turned out to be the FHX35.

4. Meßwerte

Die Meßwerte wurden durch einen HP8510 Netzwerk-Analysator bzw. durch ein HP8970B/ HP346A Rauschzahlmeßgerät bestimmt. Diese waren über ein IEEE-488 Interface an einen PC gekoppelt. Die Meßwerte wurden in MICROWAVE HARMONICA PC importiert und auch mittels dieser Software geplottet.

Version LNAH-1.3-FHX35HP

Die Bilder 12 und 13 zeigen die Meßwerte des LNAH-1.3-FHX35HP für Tropo. Die Verstärkung beträgt 17.0dB bei 1,3GHz, die Eingangs-Rückflußdämpfung ist ca. 4dB. Die Ausgangs-Rückflußdämpfung ist 20dB (VSWR<1,25) und der Stabilitätsfaktor K ist größer als 1,4 im Frequenzbereich von 0,5GHz bis 1,5Ghz. Auch im Bereich von 6 bis 12GHz ist der K-Faktor größer als 1 mit einem Minimum von K=4 bei der Resonanz auf 8GHz. Damit ist das Problem der Breitbandstabilität, das durch die induktive Gegenkopplung entsteht, mit diesem Design gelöst. Die gemessene Rauschzahl ist kleiner als 0,5dB bei 1300MHz.

Version LNAH-1.3-FHX35E

Die Bilder 14-15 zeigen die Meßwerte der Version LNAH-1.3-FHX35 für EME. Die Verstärkung beträgt 16.0dB bei 1,3GHz, die Eingangs-Rückflußdämpfung ist ca. 3dB. Die Ausgangs-Rückfluß-

Table 1: Parts List for FHX35HP & FHX35E

Teile-Nummer/Part-No.	Art/Sort	Wert/Value	Hersteller/Manufacturer	Herst.-Bez./Manuf.-No.
C1	Chip-C 50mil	10pf (2.2pF in HP-Version)	Tekelec Airtronic/ATC	CHA/100A
C2	Chip-C 50mil	2.2pF (Only in HP-Version)	"	"
C3	SMD-C	100pF	Sie	0805
C4,6,9	SMD-C	1000pF	Sie	0805
C5,7	SMD-C	0.01uF	Sie	0805
C8	SMD-C	10pF	Sie	0805
C10,12,17	SMD-C	0.1uF	Sie	1206
C13	SMD-Elco	1uF	Sie	1206
C11,14,15	SMD-Elco	10uF	Sie	1210
C16	Feed-Thr.	1000pF	Sie	
R1	SMD-R	270Ohm	Sie	1206
R2,14	SMD-R	39	Sie	1206
R3	SMD-R	47Ohm	Sie	1206
R4	SMD-R	10Ohm	Sie	1206
R12	SMD-R	4.7kOhm	Sie	1206
R13	SMD-R	10kOhm	Sie	1206
R15	SMD-R	15kOhm	Sie	1206
R16,17	SMD-R	22kOhm	Sie	1206
P1	SMD-Pot	100Ohm	Murata	4310
Dr.1	Printed	¼		
L1	Wire Loop	0.8mmCuAg, 36mm long, 1.5mm above PCB	Homemade	
D1	Diode	1N4007	Mot	
FET	GaAs-FET	FHX35	Fujitsu	FHX35
T1	PNP	BC807	Sie	
IC1	Regulator	uA7805A	Mot	
IC2	Inverter	LTC1044SN8 (ICL7660SN8)	LT (Intersil)	
Bu1,2	Coaxial	N-Small Flange		
PCB	Teflon PCB, Taconix TLX	35 x 72 mm, 0.79 mm, Er=2.55, LNAH-1.3-FHX35HP or LNAH-1.3-FHX35E	DC3XY, Rainer Jäger, Tel. (++49)4106-73430	
G	Box, Weißblech (Tinplate)	35x74x30 mm	Schuberth	Size 2

Parts and Kits are available from Rainer Jäger, DC3XY, Breslauer Str.4, D-25479 Ellerau.
Ready made and calibrated preamps are available from Frank Schreyer, DD1XF, Maimoorweg 32, D-22179 Hamburg, Tel. (++49)406428253.

dämpfung ist 23dB (VSWR<1,1) und der Stabilitätsfaktor K ist größer als 1,6 im Frequenzbereich von 0,5GHz bis 1,5Ghz. Die gemessene Rauschzahl ist kleiner als 0,4dB bei 1300MHz.

5. Conclusions

It has been shown that unconditionally stable, easy to build LNAs with HEMTs can be constructed for 23cm. They provide a very low noise figure. These LNAs can be cascaded in any number and provide ultimate performance for tropo or EME.

These preamps have a noise figure, which are 0.1 to 0.2dB better than of those preamps equipped with a ATF10136 described in [1]. Figure 17 indicates that a typical LNAH-1.3-FHX35HP will be around 0.1dB better than a typical LNA-1.3-101. The best one out of 5 prototypes of the LNAH-1.3-FHX35E type achieved a noise figure of 0.3dB, but a typical exemplar would measure more likely around 0.35dB noise figure. Stability factor K is excellent with a minimum of 1.4 at 1.3GHz. Perfect broadband stability is achieved from 6 to 12GHz. This range usually denotes a critical range for all source inductive feedback type circuits.

To make the results fully comparable to the 1992 Thorn EME conference measurements, the noise figure measurements for these preamps have been normalized by means of two reference amplifiers, which have been measured at the 1992 Thorn EME conference. In fact that HP346A noise source at DF9CY's QRL indicated an even 0.06dB lower noise figure when calibrated to its stated ENR. But these numbers were judged to be not feasible and instead the normalization to the THORN values was preferred as more realistic.

5. Zusammenfassung

Es wurde gezeigt, daß auf 23cm unbedingt stabile LNA's mit HEMT-FET's gebaut werden können, die eine extrem niedrige Rauschzahl mit absoluter Stabilität vereinen. Diese Vorverstärker sind im Mittel ungefähr 0,15db besser in der Rauschzahl als der in [1] beschriebene Vorverstärker mit dem ATF10136. Außerdem wurde eine Breitbandstabilität auch im kritischen Breich von 6 bis 12GHz erreicht.

Bild 17 zeigt einen Vergleich der verschiedenen Modelle. Ein typischer LNAH-1.3-FHX35HP ist ungefähr 0,1dB besser als ein typischer LNA-1.3-101. Der beste von 6 Prototypen eines LNAH-1.3-FHX35E erreichte eine Rauschzahl von nur 0,3dB, obwohl der typische Wert eher bei 0,35dB liegen dürfte. Um solide Vergleiche mit den Messungen auf der EME Konferenz in Thorn 1992 zu erlauben, wurde die eingestellte ENR am HP8970B mit Hilfe von zwei in Thorn gemessenen Referenzverstärkern auf die ENR der Quelle, die in Thorn verwendet wurde, normalisiert. Damit sind die obigen Messungen mit den Messungen in Thorn voll vergleichbar. Hätte man dagegen die im Kalibrationsprotokoll der jetzt verwendeten HP346A angegebene ENR eingestellt, wären die Meßwerte nochmal 0,06dB kleiner gewesen. Das hätte einen relativ unwahrscheinlichen Wert von 0,24dB für das beste Exemplar bedeutet. Daher wurde entschieden, daß die vorliegende Quelle zu 'gut' mißt und stattdessen die in Thorn benutzte Quelle als Normal genommen. Solche Abweichungen von 0,06dB sind innerhalb der Meßgenauigkeit, da die ENR-Eichung solcher Quellen nur auf typ. 0,15dB (Maximaler Fehler 0,23dB) genau sind.

6. References

[1] **R. Bertelsmeier, DJ9BV**, "Low Noise Preamp for 1.3GHz", DUBUS 4/1991, pp. 37-50

7. Acknowledgements

I have to thank Klaus Eichel, **DL6SES,** from TSS for lending the SUPERCOMPACT-PC-Software; Axel Bünning, **DF1XB** for producing the layouts from my PS-output; Rainer Jäger, **DC3XY** for providing kits for these preamps; Christoph Petermann, **DF9CY** for measuring the noise figures; Toshihiko Takamizawa, **JE1AAH** for delivering some valuable parts; and last but not least Dieter Briggmann, **DC6GC** for measuring the S-parameters. Without their help this work would not have been possible.

7. Danksagung

Ich danke K. Eichel, **DL6SES**, von TSS für die Überlassung von SUPERCOMPACT, Rainer Jäger, **DC3XY**, für die Zusammenstellung der Kits, Dieter Briggmann, **DC6GC**, für die Messungen an den Prototypen, Christoph Petermann, **DF9CY**, für die Rauschzahlmessungen, Toshihiko Takamizawa, **JE1AAH**, für die Bereitstellung spezieller Teile, und Axel Bünning, **DF1XB**, für die Erstellung der Layouts.